

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-177521

(43)Date of publication of application : 29.06.2001

(51)Int.Cl.

H04L 9/38
H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 11-362892

(71)Applicant : COMMUNICATION RESEARCH
LABORATORY MPT
AWAJI YOSHINARI

(22)Date of filing : 21.12.1999

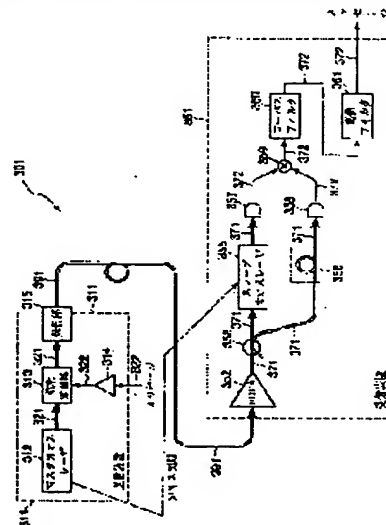
(72)Inventor : AWAJI YOSHINARI

(54) OPTICAL CHAOS SYNCHRONOUS COMMUNICATION SYSTEM, DEVICE AND METHOD FOR TRANSMISSION, DEVICE AND METHOD FOR RECEPTION AND INFORMATION RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical chaos synchronous communication system, etc., having high secrecy.

SOLUTION: The master chaos laser 312 of a transmitter 311 generates an optical signal by chaos oscillation, an input receiving part 314 receives an input of a digital signal, a phase modulator 313 modulates the phase of the optical signal generated by the digital signal, a transmitting part 315 transmits the modulated optical signal. The receiving part 352 of a receiver 351 receives the transmitted optical signal, a light branching device 353 divides the received optical signal into 1st and 2nd optical signals, a slave chaos laser 355 receives the 1st optical signal as injected light and generates an optical signal by chaos oscillation so as to take chaos synchronization with it, a differential circuit 359 outputs a differential signal between the generated optical signal and the 2nd optical signal, and a lowpass filter 360 and a threshold filter 361 restore a digital signal from the differential signal and output the digital signal.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-177521

(P2001-177521A)

(43)公開日 平成13年6月29日(2001.6.29)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト(参考)
H 0 4 L	9/38	H 0 4 L	9/00 6 9 1 5J104
H 0 4 B	10/152	H 0 4 B	9/00 L 5K002
	10/142		
	10/04		
	10/06		

審査請求 有 請求項の数35 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願平11-362892

(22)出願日 平成11年12月21日(1999.12.21)

(71)出願人 391027413

郵政省通信総合研究所長
東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号

(71)出願人 599091885

淡路 祥成
東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号 郵
政省通信総合研究所内

(72)発明者 淡路 祥成

東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号 郵
政省通信総合研究所内

(74)代理人 100095407

弁理士 木村 満 (外1名)

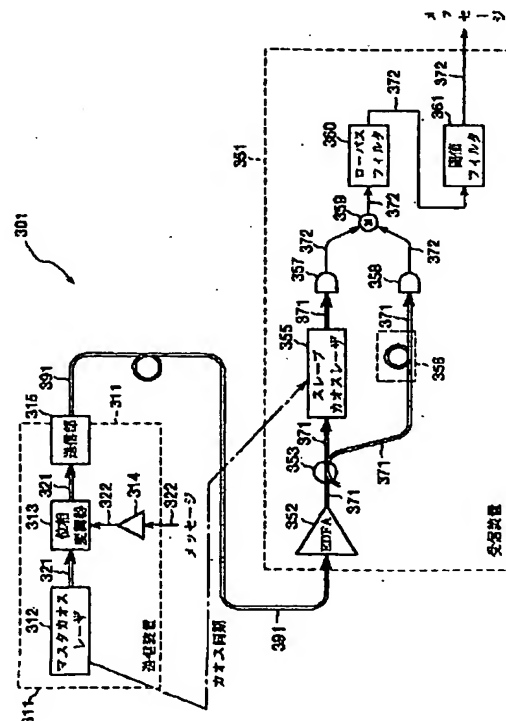
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光カオス同期通信システム、送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、および、情報記録媒体

(57)【要約】

【課題】 秘話性の高い光カオス同期通信システム等を提供する。

【解決手段】 送信装置311のマスクカオスレーザ312は、カオス発振により光信号を発生させ、入力受付部314は、デジタル信号の入力を受け付け、位相変調器313は、デジタル信号で、発生された光信号の位相を変調させ、送信部315は、変調された光信号を送信する。受信装置351の受信部352は、送信された光信号を受信し、光分岐器353は、受信された光信号を第1および第2の光信号に分割し、スレーブカオスレーザ355は、第1の光信号を注入光として受け付けてこれとカオス同期をとるようにカオス発振による光信号を発生させ、差分回路359は、発生された光信号と第2の光信号との差分信号を出力し、ローパスフィルタ360と閾値フィルタ361は、差分信号からデジタル信号を復元して出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】送信装置と、受信装置と、を備える光カオス同期通信システムであって、

(a) 前記送信装置は、
カオス発振により光信号を発生させるマスタレーザ部
 と、
デジタル信号の入力を受け付ける入力受付部と、
前記入力を受け付けられたデジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させる
変調部と、
前記変調された光信号を送信する送信部と、
 を備え、
 (b) 前記受信装置は、
前記送信装置から送信された光信号を受信する受信部
と、
前記受信された光信号を、第 1、および、第 2 の光信号
に分割する分割部と、
前記分割された第 1 の光信号を注入光として受け付け
て、これとカオス同期をとるように、カオス発振による
光信号を発生させるスレーブレザ部と、
前記スレーブレザ部により発生された光信号と、前記
分割された第 2 の光信号と、の差分信号を出力する差分
部と、
前記出力された差分信号からデジタル信号を復元して
出力する復元出力部と、
 を備えることを特徴とする光カオス同期通信システム。

【請求項 2】前記マスタレーザ部と、前記スレーブレザ部と、は、互いにカオス同期する光帰還型カオス発振器を有することを特徴とする請求項 1 に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 3】前記差分部は、前記スレーブレザ部により発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、前記差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 4】前記復元出力部は、前記差分部により出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することによりデジタル信号を復元することを特徴とする請求項 3 に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 5】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 6】前記差分部により出力される差分信号は光信号であり、
 前記復元出力部により出力される信号は、光デジタル信号であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 7】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、
 前記変調部は、前記入力を受け付けられた光デジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させることを特徴とする請求項 1 から 4 または 6 のいずれか 1 項に記載の光カオス同期通信システム。

【請求項 8】カオス発振により光信号を発生させるマスタレーザ部と、

10 デジタル信号の入力を受け付ける入力受付部と、
 前記入力を受け付けられたデジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させる変調部と、
 前記変調された光信号を送信する送信部と、
 を備えることを特徴とする送信装置。

【請求項 9】前記マスタレーザ部は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器を有することを特徴とする請求項 8 に記載の送信装置。

【請求項 10】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の送信装置。

【請求項 11】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、
 前記変調部は、前記入力を受け付けられた光デジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の送信装置。

【請求項 12】光信号を受信する受信部と、
 前記受信された光信号を、第 1、および、第 2 の光信号
 30 に分割する分割部と、

前記分割された第 1 の光信号を注入光として受け付けて、これとカオス同期をとるように、カオス発振による光信号を発生させるスレーブレザ部と、
 前記スレーブレザ部により発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、の差分信号を出力する差分部と、
 前記出力された差分信号からデジタル信号を復元して出力する復元出力部と、
 を備えることを特徴とする受信装置。

40 【請求項 13】前記スレーブレザ部は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器を有することを特徴とする請求項 12 に記載の受信装置。

【請求項 14】前記差分部は、前記スレーブレザ部により発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、前記差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力することを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の受信装置。

50 【請求項 15】前記復元出力部は、前記差分部により出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することに

よりデジタル信号を復元することを特徴とする請求項 14 に記載の受信装置。

【請求項 16】前記差分部により出力される差分信号は光信号であり、

前記復元出力部により出力される信号は、光デジタル信号であることを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の受信装置。

【請求項 17】カオス発振により光信号を発生させるマスタレーザ工程と、

デジタル信号の入力を受け付ける入力受付工程と、
前記入力を受け付けられたデジタル信号で、前記マスタレーザ工程にて発生された光信号の位相を変調させる変調工程と、

前記変調された光信号を送信する送信工程と、
を備えることを特徴とする送信方法。

【請求項 18】前記マスタレーザ工程は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器により光信号を発生させることを特徴とする請求項 17 に記載の送信方法。

【請求項 19】前記入力受付工程にて入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であることを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の送信方法。

【請求項 20】前記入力受付工程にて入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、
前記変調工程は、前記入力を受け付けられた光デジタル信号で、前記マスタレーザ工程にて発生された光信号の位相を変調させることを特徴とする請求項 17 または 18 に記載の送信方法。

【請求項 21】光信号を受信する受信工程と、
前記受信された光信号を、第 1、および、第 2 の光信号に分割する分割工程と、

前記分割された第 1 の光信号を注入光として受け付けて、これとカオス同期をとるように、カオス発振による光信号を発生させるスレーブレザ工程と、

前記スレーブレザ工程にて発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、の差分信号を出力する差分工程と、

前記出力された差分信号からデジタル信号を復元して出力する復元出力工程と、

を備えることを特徴とする受信方法。

【請求項 22】前記スレーブレザ工程は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器にて光信号を発生させることを特徴とする請求項 21 に記載の受信方法。

【請求項 23】前記差分工程は、前記スレーブレザ工程にて発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、前記差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力することを特徴とする請求項 21 または 22 に記載の受信方法。

【請求項 24】前記復元出力工程は、前記差分工程にて

出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することによりデジタル信号を復元することを特徴とする請求項 23 に記載の受信方法。

【請求項 25】前記差分工程にて出力される差分信号は光信号であり、

前記復元出力工程にて出力される信号は、光デジタル信号であることを特徴とする請求項 21 または 22 に記載の受信方法。

10 【請求項 26】光コンピュータを含むコンピュータを、カオス発振により光信号を発生させるマスタレーザ部と、

デジタル信号の入力を受け付ける入力受付部と、
前記入力を受け付けられたデジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させる変調部と、

前記変調された光信号を送信する送信部として機能させるプログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

20 【請求項 27】前記マスタレーザ部は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器により光信号を発生させるように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 26 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 28】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であるように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 26 または 27 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

30 【請求項 29】前記入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、

前記変調部は、前記入力を受け付けられた光デジタル信号で、前記マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させるように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 26 または 27 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 30】光コンピュータを含むコンピュータを、光信号を受信する受信部と、

40 前記受信された光信号を、第 1、および、第 2 の光信号に分割する分割部と、

前記分割された第 1 の光信号を注入光として受け付けて、これとカオス同期をとるように、カオス発振による光信号を発生させるスレーブレザ部と、

前記スレーブレザ部により発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、の差分信号を出力する差分部と、

前記出力された差分信号からデジタル信号を復元して出力する復元出力部として機能させるプログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 3 1】前記スレーブレーザ部は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器を有するように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 3 0 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 3 2】前記差分部は、前記スレーブレーザ部により発生された光信号と、前記分割された第 2 の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、前記差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力するように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 3 0 または 3 1 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 3 3】前記復元出力部は、前記差分部により出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することによりデジタル信号を復元するように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 3 2 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 3 4】前記差分部により出力される差分信号は 20 光信号であり、

前記復元出力部により出力される信号は、光デジタル信号であるように前記コンピュータを機能させるプログラムを記録したことを特徴とする請求項 3 0 または 3 1 に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【請求項 3 5】前記プログラムを記録した情報記録媒体は、コンパクトディスク、フロッピーディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、デジタルビデオディスク、磁気テープ、半導体メモリであることを特徴とする請求項 2 6 から 3 4 のいずれか 1 項に記載のコンピュータ読取可能な情報記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光カオス同期通信システム、送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、および、情報記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、さまざまな光通信システムが提案されている。このような通信システムでは、カオス同期を用いているものもある。

【0003】たとえば、図 1 に示す光通信システム 1 0 1 は、Gregory D. Van Wiggeren and Rajarshi Roy 「Optical Communication with Chaotic Waveforms」 (Physical Review Letters, Volume 81, Number 16, 10 October, 1998) にて開示されたものであり、送信装置 1 1 1 と受信装置 1 5 1 とを備える。

【0004】送信装置 1 1 1 は、光ファイバ 1 1 2 をリング状に配置し、その中に増幅器 (Erbium Doped Fibre Amplifier; EDFA) 1 1 3、1 1 4 と光分岐器 (coupler; カブラ) 1 1 5、1 1 6、1 1 7 と、変調器 1

1 8 とが配置されている。

【0005】光ファイバ 1 1 2 はリング状に配置され、EDFA 1 1 3、1 1 4 を増幅媒質として発振するリングレーザとして機能する。EDFA 1 1 3、1 1 4 の非線型性と時間遅延により、リングレーザの出力をカオス化することができる。これは、振幅変動型のカオスである。

【0006】光分岐器 1 1 5、1 1 6 をリング内に配置する。これらにより、カオスの特性が決定される。

【0007】変調器 1 1 8 は、リングレーザのカオス振動内に入力されたメッセージを埋め込む。光分岐器 1 1 7 は、メッセージが埋め込まれたカオス振動するレーザ光を受信装置 1 5 1 に送信する。

【0008】本光通信システム 1 0 1 では、光ファイバ 1 1 2 の光路長差の組み合わせや光分岐器 1 1 5、1 1 6、1 1 7 の分岐出力比によって発生されるカオスが特徴付けられる。

【0009】受信装置 1 5 1 には、送信装置 1 1 1 と上記特徴を有するような光学的に等化な回路を構成する。すなわち、光ファイバ 1 5 2 と、光分岐器 1 5 3、1 5 4、1 5 5 と、EDFA 1 5 6 と、フォトダイオード 1 5 7、1 5 8 と、電気信号線 1 6 0 とで、リングを構成し、デジタル・オシロスコープ 1 5 9 により送信されたメッセージを抽出する。

【0010】一方、図 2 に示す光通信システム 2 0 1 は、Jean-Pierre Goedgebuer, Laurent Larger and Henri Porte 「Optical Cryptosystem Based on Synchronization Hyperchaos Generated by a Delayed Feedback Tunable Laser Diode」 (Physical Review Letters, Volume 80, Number 10, 9 March 1998) に開示されたものであり、送信装置 2 1 1 と受信装置 2 5 1 とを備える。

【0011】送信装置 2 1 1 は、レーザダイオード 2 1 2、複屈折媒質 (Birefringent Plate) 2 1 3、フォトダイオード (Photodiode) 2 1 4、遅延フィードバック回路 (Delay Feedback Circuit) 2 1 5 が、光路 2 1 6 および電気信号線 2 1 7 を介してリング状に配置されている。光路 2 1 6 は自由空間である。

【0012】半導体からなるレーザダイオード 2 1 2 の出力をある条件の複屈折媒質 2 1 3 に入射して、出力を電氣的にレーザダイオード 2 1 2 に帰還させると、レーザの発振波長が変動するカオス振動が発生される。

【0013】このようにして発生したカオス振動信号に、加算器 2 1 8 により、送信すべきメッセージを注入する。メッセージが注入された信号は、レーザダイオード 2 1 2 の光信号出力として、光ファイバ 2 3 1 を介して受信装置 2 5 1 に送信される。

【0014】受信装置 2 5 1 では、上記従来例と同様に、送信装置 2 1 1 と等化な光回路を、等化な複屈折媒質を用いて構成する。

【0015】すなわち、レーザダイオード 2 5 2、複屈

折媒質 253、フォトダイオード 254、遅延フィードバック回路 255 を、光路 256、および、電気信号線 257 を介して接続し、リング状の回路を構成する。このような構成により、送信装置 211 と受信装置 251 とで、発振波長が変動するカオスが同期に至る。光路 256 は、自由空間である。

【0016】これに送信装置 211 から光ファイバ 231 を介して送信された信号を注入すると、加算器 258 の出力によりメッセージが抽出できる。

【0017】このようなカオス同期の研究の成果は、電気回路による通信システムについて、Louis M. Pecora and Thomas L. Carroll「Synchronization in Chaotic Systems」(Physical Review Letters, Volume 64, Number 8, 19 February 1990)や J. E. Faller, W. J. Hollander, P. G. Nelson and M. P. McHugh「Gyroscope-Weighing Experiment with a Null Result」(Physical Review Letters, Volume 64, Number 8, 19 February 1990)に開示されている。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の光通信システム 101 では、送信装置 111 を特徴付ける制御パラメータは、光路長差と分岐出力比であり、これらが知られてしまえば、容易に受信装置 151 と同等な光回路を構成することができるため、秘話性に劣る、という問題が生じていた。

【0019】一方、上述の光通信システム 201 では、複屈折媒質 213、253 と電気的な帰還回路を用いるため、高速の通信系に拡張することが難しい。帰還ループ内の帯域制限が電気信号の帯域に依存し、これがカオス帯域の制限にもなってしまうためである。

【0020】また、上述の光通信システム 201 で利用されるレーザダイオード 212、252 は、波長チューニング特性に優れた多電極型半導体レーザのものを採用することとなるが、一般的に価格が高価であるという問題がある。

【0021】本発明は、以上の課題を解決するためになされたもので、秘話性の高い光カオス同期通信システム、送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、および、これらを実現するためのプログラムを記録したコンピュータ読取可能な情報記録媒体を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するため、本発明の原理にしたがって、下記の発明を開示する。

【0023】本発明の第 1 の観点に係る光カオス同期通信システムは、送信装置と、受信装置と、を備えるように構成する。

【0024】光カオス同期通信システムの送信装置は、マスタレーザ部と、入力受付部と、変調部と、送信部

と、を備えるように構成する。

【0025】ここで、送信装置のマスタレーザ部は、カオス発振により光信号を発生させる。

【0026】一方、送信装置の入力受付部は、デジタル信号の入力を受け付ける。

【0027】さらに、送信装置の変調部は、入力を受け付けられたデジタル信号で、マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させる。

【0028】そして、送信装置の送信部は、変調された光信号を送信する。

【0029】一方、光カオス同期通信システムの受信装置は、受信部と、分割部と、スレーブレザ部と、差分部と、復元出力部と、を備えるように構成する。

【0030】ここで、受信装置の受信部は、送信装置から送信された光信号を受信する。

【0031】一方、受信装置の分割部は、受信された光信号を、第 1、および、第 2 の光信号に分割する。

【0032】さらに、受信装置のスレーブレザ部は、分割された第 1 の光信号を注入光として受け付けて、これとカオス同期をとるように、カオス発振による光信号を発生させる。

【0033】そして、受信装置の差分部は、スレーブレザ部により発生された光信号と、分割された第 2 の光信号と、の差分信号を出力する。

【0034】一方、受信装置の復元出力部は、出力された差分信号からデジタル信号を復元して出力する。

【0035】また、本発明の光カオス同期通信システムにおいて、送信装置のマスタレーザ部と、受信装置のスレーブレザ部と、は、互いにカオス同期する光帰還型カオス発振器を有するように構成することができる。

【0036】また、本発明の光カオス同期通信システムの受信装置において、差分部は、スレーブレザ部により発生された光信号と、分割された第 2 の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力するように構成することができる。

【0037】また、本発明の光カオス同期通信システムの受信装置において、復元出力部は、差分部により出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することによりデジタル信号を復元するように構成することができる。

【0038】また、本発明の光カオス同期通信システムの送信装置において、入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であるように構成することができる。

【0039】また、本発明の光カオス同期通信システムの受信装置において、差分部により出力される差分信号は光信号であり、復元出力部により出力される信号は、光デジタル信号であるように構成することができる。

【0040】また、本発明の光カオス同期通信システムの送信装置において、入力受付部により入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、変調部は、入力を受け付けられた光デジタル信号で、マスタレーザ部により発生された光信号の位相を変調させるように構成することができる。

【0041】また、本発明の光カオス同期通信システムの送信装置と、受信装置と、は互いに同期するように製造された後は、それぞれ独立に販売することができる。このように、独立に用意された本発明の送信装置の送信部と、本発明の受信装置の受信部とを、光ファイバなどの光通信線で接続することにより、本発明の光カオス同期通信システムを実現することができる。

【0042】本発明の第2の観点に係る送信方法は、マスタレーザ工程と、入力受付工程と、変調工程と、送信工程と、を備えるように構成する。

【0043】ここで、マスタレーザ工程では、カオス発振により光信号を発生させる。

【0044】一方、入力受付工程では、デジタル信号の入力を受け付ける。

【0045】さらに、変調工程では、入力を受け付けられたデジタル信号で、マスタレーザ工程にて発生された光信号の位相を変調させる。

【0046】そして、送信工程では、変調された光信号を送信する。

【0047】また、本発明の送信方法のマスタレーザ工程は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器により光信号を発生させるように構成することができる。

【0048】また、本発明の送信方法の入力受付工程にて入力を受け付けられるデジタル信号は、電気信号であるように構成することができる。

【0049】また、本発明の送信方法の入力受付工程にて入力を受け付けられるデジタル信号は、光デジタル信号であり、変調工程は、入力を受け付けられた光デジタル信号で、マスタレーザ工程にて発生された光信号の位相を変調させるように構成することができる。

【0050】本発明の第3の観点に係る受信方法は、受信工程と、分割工程と、スレーブレーザ工程と、差分工程と、復元出力工程と、を備えるように構成する。

【0051】ここで、受信工程では、光信号を受信する。

【0052】一方、分割工程では、受信された光信号を、第1、および、第2の光信号に分割する。

【0053】さらに、スレーブレーザ工程では、分割された第1の光信号を注入光として受け付けて、これとカオス同期をとるように、カオス発振による光信号を発生させる。

【0054】そして、差分工程では、スレーブレーザ工程にて発生された光信号と、分割された第2の光信号

と、の差分信号を出力する。

【0055】一方、復元出力工程では、出力された差分信号からデジタル信号を復元して出力する。

【0056】また、本発明の受信方法のスレーブレーザ工程は、他の光帰還型カオス発振器とカオス同期する光帰還型カオス発振器にて光信号を発生させるように構成することができる。

【0057】また、本発明の受信方法の差分工程は、スレーブレーザ工程にて発生された光信号と、分割された第2の光信号と、を、それぞれ電気信号に変換し、差分信号として、当該電気信号の差分信号を出力するように構成することができる。

【0058】また、本発明の受信方法の復元出力工程は、差分工程にて出力された電気信号の差分信号の低周波成分をローパスフィルタにより得て、これを所定の閾値と比較することによりデジタル信号を復元するように構成することができる。

【0059】また、本発明の受信方法の差分工程にて出力される差分信号は光信号であり、復元出力工程にて出力される信号は、光デジタル信号であるように構成することができる。

【0060】本発明の第4の観点に係るコンピュータ読取可能な情報記録媒体は、光コンピュータを含むコンピュータを、上記送信装置、または、上記受信装置として機能させるためのプログラムを記録するように構成する。当該プログラムを光コンピュータを含むコンピュータにて実行することにより、上記送信装置、上記受信装置が実現され、上記送信方法、上記受信方法が使用される。

【0061】また、当該プログラムは、コンパクトディスク、フロッピーディスク、ハードディスク、光磁気ディスク、デジタルビデオディスク、磁気テープ、半導体メモリなどのコンピュータ読取可能な情報記録媒体に記録することができる。

【0062】また、当該光コンピュータを含むコンピュータとは独立して、本発明のプログラムを記録した情報記録媒体を配布、販売することができるとともに、当該情報記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータ通信網を介して伝送し、伝送したプログラムを他の情報記録媒体に記録することができる。

【0063】

【発明の実施の形態】以下に本発明の一実施形態を説明する。なお、以下に説明する実施形態は説明のためのものであり、本発明の範囲を制限するものではない。したがって、当業者であればこれらの各要素もしくは全要素をこれと均等なものに置換した実施形態を採用することが可能であるが、これらの実施形態も本発明の範囲に含まれる。

【0064】(第1の実施形態) 図3は、本発明の光カオス同期通信システムの概要構成を示す模式図である。

以下、本図を参照して説明する。

【0065】光カオス同期通信システム301では、送信装置311と受信装置351とが、光ファイバ391で接続されている。

【0066】送信装置311のマスタカオスレーザ312と、受信装置351のスレーブカオスレーザ355とは、光ファイバ391等を介して接続されており、これらはカオス同期している。これらの詳細構成については後述する。

【0067】送信装置311の入力受付部314は、電気デジタル信号のメッセージを受け付ける。入力受付部314では、増幅器を用いて受け付けた電気デジタル信号を増幅する。

【0068】受け付けられた電気デジタル信号のメッセージにしたがって、位相変調器313は、マスタカオスレーザ312が出力する光信号の強度はそのままとして、その位相を変化させる。

【0069】位相変調器313は、送信部315を介して光ファイバ391に接続される。位相変調器313が出力した位相変調済みの光信号は、送信部315により、光ファイバ391を介して受信装置351へ送信される。

【0070】マスタカオスレーザ312と位相変調器313との間、位相変調器313と送信部315との間は、いずれも光ファイバ321で接続されている。一方、入力受付部314と位相変調器313との間は電気信号線322で接続されている。

【0071】一方、受信装置351は、光ファイバ391を介して送信装置311から送信された光信号を、受信部352により受信する。受信部352は、EDFAを用いて、この光信号を増幅する。

【0072】光分岐器353は、受信された光信号を2つに分割する。分割された光信号の一方は、スレーブカオスレーザ355へ、他方は光遅延回路356へ送られる。

【0073】送信装置311でマスタカオスレーザ312の出力がまったく位相変調されていない安定状態の場合、スレーブカオスレーザ355の出力は、マスタカオスレーザ312の出力と同じ波形となる。一方、光遅延回路356の出力も同じ波形となる。

【0074】光遅延回路356は、所定の長さの光ファイバにより構成することができる。光遅延回路356の遅延時間は、この安定状態のときに、スレーブカオスレーザ355の出力と、光遅延回路356の出力とが時間的に一致するように決める。

【0075】スレーブカオスレーザ355の出力は、フォトダイオード357により電気信号に変換され、光遅延回路356の出力は、フォトダイオード358により電気信号に変換される。差分回路359は、これらの電気信号の差を求める。

【0076】安定状態の場合、スレーブカオスレーザ355の出力と、光遅延回路356の出力とは時間的に一致するから、差分回路359の出力は（ほぼ）0となる。

【0077】図4は、安定状態におけるそれぞれの信号の様子を示す説明図である。図4(a)は、マスタカオスレーザ312の出力波形を示す。図4(b)は、スレーブカオスレーザ355の出力波形を示す。図4(c)は、光遅延回路356の出力波形を示す。図4(d)は、差分回路359の出力波形を示す。

【0078】上述のように、安定状態ではマスタカオスレーザ312、スレーブカオスレーザ355、および、光遅延回路356、の出力波形が一致するため、差分回路359の出力波形は（ほぼ）0となる。

【0079】一方、送信装置311で電気デジタル信号の入力により、マスタカオスレーザ312の出力がデジタル的に位相変調されると、スレーブカオスレーザ355では、この急激な位相変調により過渡的にカオス同期が破壊される。破壊されたカオス同期は、後述するように、短時間のうちに回復する。

【0080】このため、スレーブカオスレーザ355の出力波形と、光遅延回路356の出力波形とは、違いがあらわれ、差分回路359の出力波形には、カオス同期が破壊されたことを示すピーク（振幅ゆらぎ）が現れる。

【0081】図5は、位相が急激に変化した場合におけるそれぞれの信号の様子を示す説明図である。図5

(a)は、マスタカオスレーザ312の出力波形を示す。図5(b)は、スレーブカオスレーザ355の出力波形を示す。図5(c)は、光遅延回路356の出力波形を示す。図5(d)は、差分回路359の出力波形を示す。

【0082】このように、位相が急激に変化したことに対応して、差分回路359の出力にピーク（振動ゆらぎ）が現れる。すなわち、送信装置311が入力を受け付けたデジタル信号にしたがって、差分回路359の出力に振動ゆらぎが現れることになる。

【0083】ローパスフィルタ360は、差分回路359の出力の低周波成分（送信装置311が入力を受け付けたデジタル信号の基本周波数に相当するもの）を取り出す。さらに、閾値フィルタ361にて取り出した信号の強度が所定の閾値を超えたか否かを判断し、これによってメッセージを再生する。

【0084】振幅ゆらぎを制御するパラメータは、位相変調器313による位相シフト量、スレーブカオスレーザ355への光カップリング効率である。これらのパラメータは、位相変調器313や受信部352が備えるEDFAの増幅率の変更によって、容易に変更することができる。

50 【0085】カオス同期はマスタカオスレーザ312や

スレーブカオスレーザ355が備えるレーザ発振器のパラメータに敏感であり、送信装置311の出力を見るだけでは、受信装置351と同等の装置を模倣・複製することは難しい。このため、秘話性の高い通信システムを提供することができる。

【0086】なお、受信装置351では、受信部352、光分岐部353、スレーブカオスレーザ355、光遅延回路356、フォトダイオード357、358の間は光ファイバ371で接続される。一方、フォトダイオード357、358、差分回路359、ローパスフィルタ360、閾値フィルタ361の間は、電気信号線372で接続される。

【0087】送信装置311において、マスタカオスレーザ312は、送信装置のマスタレーザ部として機能し、入力受付部314は、送信装置の入力受付部として機能し、位相変調器313は、送信装置の変調部として機能し、送信部315は、送信装置の送信部として機能する。

【0088】また、受信装置351において、受信部352は受信装置の受信部として機能し、光分岐器353は、受信装置の分割部として機能し、スレーブカオスレーザ355は、受信装置のスレーブレザ部として機能し、フォトダイオード357、358および差分回路359は、受信装置の差分部として機能し、ローパスフィルタ360および閾値フィルタ361は、受信装置の復元出力部として機能する。

【0089】(マスタカオスレーザの構成)図6は、送信装置311のマスタカオスレーザ312の概要構成を示す模式図である。なお、上述の図と同様の機能を果たす要素には、同じ符号を付してある。以下、本図を参照して説明する。

【0090】マスタカオスレーザ312は、レーザダイオード(LD)601、グレーティング(Grating)部602、半波長板(Half Wave Plate; HWP)603、偏光依存ビームスプリッタ(Polarizing Beam Splitter; PBS)604、鏡605、ピエゾ素子による電歪素子を備えるピコモータ(電動式微調マウント)606、アイソレータ(Isolator)607を備える。

【0091】レーザダイオード601は片端面に無反射コーティングがされており、単体ではインコヒーレント光を出力する。

【0092】レーザダイオード601が出力した光は、グレーティング部602、半波長板603、偏光依存ビームスプリッタ604、鏡605、ピエゾ素子による電歪素子を備えるピコモータ606を経由して往復帰還することにより、発振する。

【0093】すなわち、レーザダイオード601とグレーティング部602とにより、光増幅媒質を内蔵した光共振器を構成してレーザ発振を生じさせる。

【0094】一方で、レーザ発振している状態のレーザ

に、偏光依存ビームスプリッタ604、鏡605、ピエゾ素子による電歪素子を備えるピコモータ606を用いて戻り光を注入して出力を不安定化させてカオス発振を発生させる。

【0095】グレーティング部602は、レーザ発振波長選択性を有した反射鏡として機能し、レーザ共振器の片側のミラーとして共振器を構成する。

【0096】半波長板603は、偏波面を回転させることにより、偏光依存ビームスプリッタ604での光の分岐の出力比を調整する。

【0097】また、偏光依存ビームスプリッタ604からアイソレータ607へ一部のレーザ光が分岐されて出力され、位相変調器313へ送られる。

【0098】アイソレータ607は、マスタカオスレーザ312への外部からの戻り光を除去し、カオス状態が不本意に変動することを抑止する。

【0099】(スレーブカオスレーザの構成)図7は、受信装置351のスレーブカオスレーザ355の概要構成を示す模式図である。なお、スレーブカオスレーザ355は、マスタカオスレーザ312とカオス同期させるため、構成要素の多くに共通のものをを用いる。このため、同じ機能を果たす要素には、上図と同じ記号を付している。以下、本図を参照し、特に、送信装置311と異なる部分について説明する。

【0100】スレーブカオスレーザ355は、レーザダイオード601、グレーティング部602、半波長板603、偏光依存ビームスプリッタ604、鏡605、ピエゾ素子による電歪素子を備えるピコモータ606、ハーフミラー701を備える。

【0101】ハーフミラー701には、光分岐器353を介して送信装置311のマスタカオスレーザ312が出力したレーザ光が入射し、これがレーザダイオード601へ注入される。

【0102】グレーティング部602、半波長板603、偏光依存ビームスプリッタ604、鏡605、ピコモータ606は、スレーブカオスレーザ355のパラメータを制御するものであり、各部のパラメータ諸元をマスタカオスレーザ312と同じにすることにより、両者がカオス同期する。

【0103】マスタカオスレーザ312の出力の位相を急激に変化させると、これとスレーブカオスレーザ355のカオス同期が過渡的に破壊される。破壊されたカオス同期は短時間のうちに回復する。回復過程に要する時間は、上記レーザ発振器(マスタカオスレーザ312とスレーブカオスレーザ355)の特性によって帯域制限されるが、一般に、電気信号を用いた通信の帯域よりも高い帯域を用いることができる。したがって、秘話性が高く、高速な通信システムを提供することができる。

【0104】(第2の実施形態)上記実施形態では、送信装置311におけるメッセージは電気デジタル信号

であり、位相変調器 313 は電気信号入力に基づいて位相変調を行っていた。しかしながら、近年の各種光素子の研究の成果として、入力された光デジタル信号に基づいて、レーザ光の位相を変調する光位相変調回路が提案されている。

【0105】また、上記実施形態では、受信装置 351 で、2つのレーザ光をフォトダイオード 357、358 により電気信号に変換してから、差分信号を得てメッセージを復元していた。しかしながら、光信号の差分をとる光差分回路、光信号の低周波成分を通過させる光ローパスフィルタ回路、光信号に対して閾値処理を行い、光信号を出力する光閾値フィルタ回路も提案されている。

【0106】光位相変調回路としては、たとえば光導波路を用いた相互位相変調器のようなものを使用することができる。

【0107】光差分回路としては、たとえば平面光導波路回路を用いた光干渉計のようなものを使用することができる。

【0108】光ローパスフィルタ回路としては、たとえば光バンドパスフィルタなど、製品として一般に提供されているものを使用することができる。

【0109】光閾値フィルタ回路としては、たとえば過飽和吸収体のようなものを使用することができる。

【0110】また、光位相変調回路については、Govind P. Agrawal 「Nonlinear Fiber Optics」 second edition, p282, ACADEMIC PRESS (1995) に、光差分回路については、W. D. Cornwell, N. Wada, K. I. Kitayama, and I. Andonovic 「Experimental demonstration of coherent coding of picosecond pulses」 Electronics Letters, 22nd, Vol.34, No.2, pp204-205 (1998) に、光閾値フィルタ回路については、Y. Hashimoto, H. Kurita, and H. Yokoyama 「Optical noise reduction by a semiconductor waveguide saturable absorber」 Technical Digest of International Topical Workshop on Contemporary Photonic Technology (CPT '98), Pc-13-1, pp215-216 (1998) に、それぞれその構成例が開示されている。

【0111】これら公知の光回路や光素子を用いれば、光信号のみで本発明の通信システムを実現することができる。この場合、電気信号による処理を一切必要としないため、従来よりも帯域制限が少なく、より高速な通信システムを提供することができる。

【0112】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、秘話性の高い光カオス同期通信システム、送信装置、受信装置、送信方法、受信方法、および、これらを実現するためのプログラムを記録したコンピュータ読取可能な情報記録媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光通信システムの概要構成を示す模式図である。

【図2】従来の光通信システムの概要構成を示す模式図である。

【図3】本発明の光カオス同期通信システムの概要構成を示す模式図である。

【図4】本発明の光カオス同期通信システムの安定状態の各部の信号の様子を示す説明図である。

【図5】本発明の光カオス同期通信システムの同期が破壊されてから同期に至るまでの過渡期の各部の信号の様子を示す説明図である。

【図6】本発明の送信装置のマスターカオスレーザの概要構成を示す模式図である。

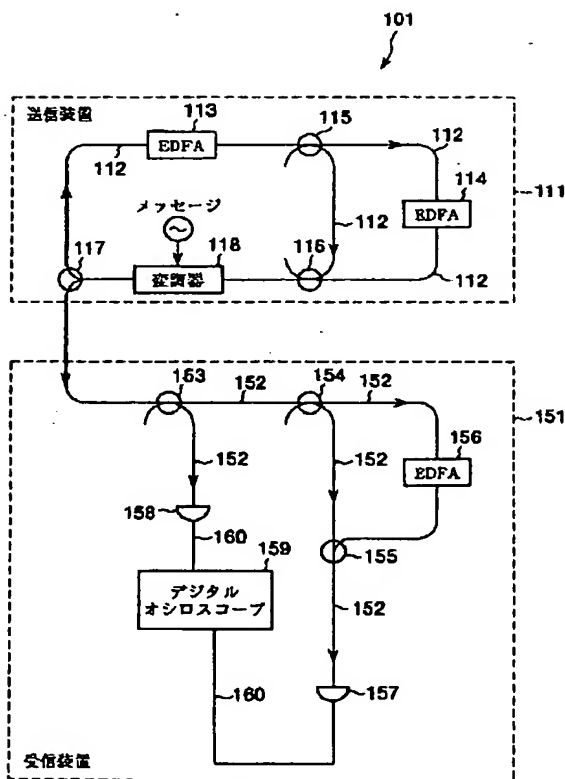
【図7】本発明の受信装置のスレーブカオスレーザの概要構成を示す模式図である。

【符号の説明】

- 101 従来の光通信システム
- 111 送信装置
- 112 光ファイバ
- 113 EDFA
- 114 EDFA
- 115 光分岐器
- 116 光分岐器
- 117 光分岐器
- 118 変調器
- 151 受信装置
- 152 光ファイバ
- 153 光分岐器
- 154 光分岐器
- 155 光分岐器
- 156 EDFA
- 157 フォトダイオード
- 158 フォトダイオード
- 159 デジタル・オシロスコープ
- 160 電気信号線
- 201 従来の光通信システム
- 211 送信装置
- 212 レーザダイオード
- 213 複屈折媒質
- 214 フォトダイオード
- 215 遅延フィードバック回路
- 216 光路
- 217 電気信号線
- 218 加算器
- 231 光ファイバ
- 251 受信装置
- 252 レーザダイオード
- 253 複屈折媒質
- 254 フォトダイオード
- 255 遅延フィードバック回路
- 256 光路
- 257 電気信号線

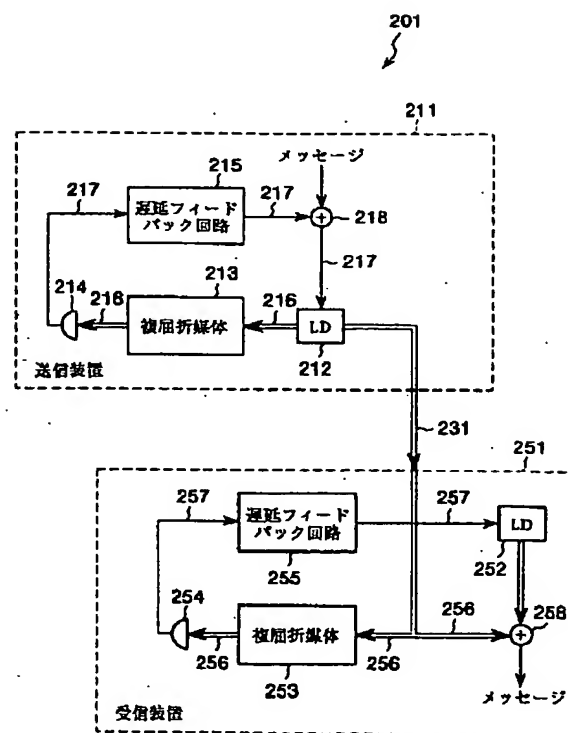
- 258 加算器
- 301 光カオス同期通信システム
- 311 送信装置
- 312 マスタカオスレーザ
- 313 位相変調器
- 314 入力受付部
- 315 送信部
- 321 光ファイバ
- 322 電気信号線
- 351 受信装置
- 352 受信部
- 353 光分岐器
- 355 スレーブカオスレーザ
- 356 光遅延回路
- 357 フォトダイオード

【図1】

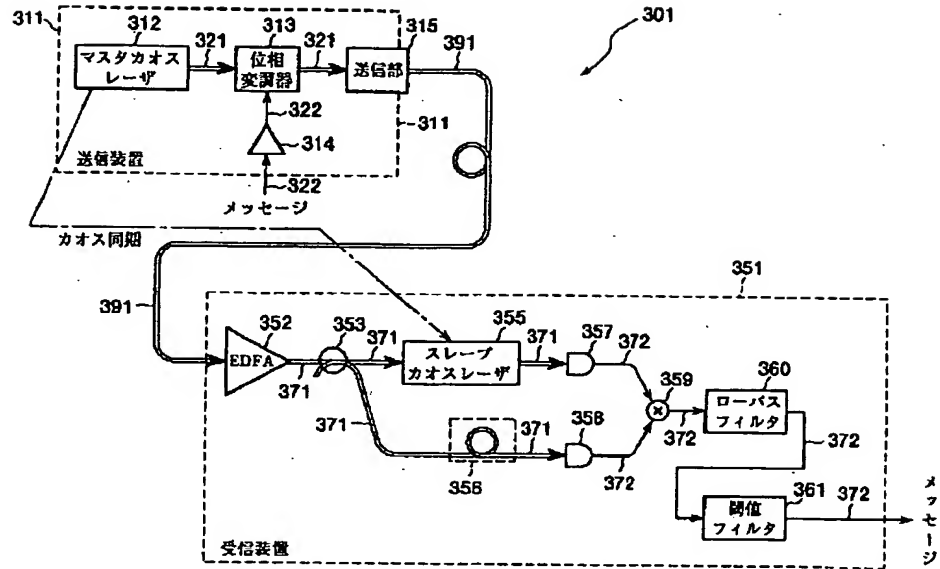


- 358 フォトダイオード
- 359 差分回路
- 360 ローパスフィルタ
- 361 閾値フィルタ
- 371 光ファイバ
- 372 電気信号線
- 391 光ファイバ
- 601 レーザダイオード
- 602 グレーティング部
- 10 603 半波長板
- 604 偏光依存ビームスプリッタ
- 605 鏡
- 606 ピコモータ
- 607 アイソレータ
- 701 ハーフミラー

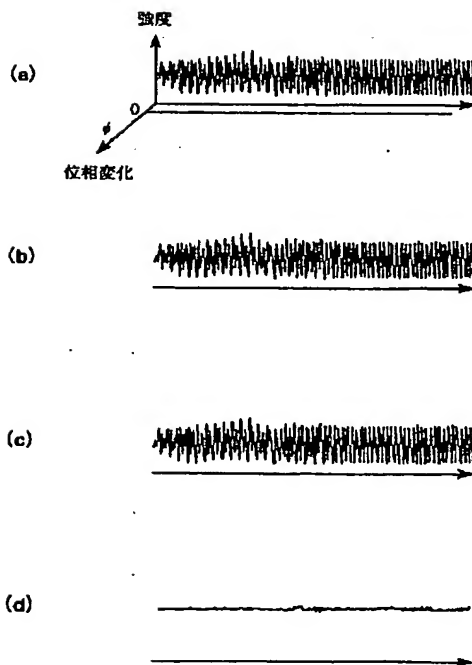
【図2】



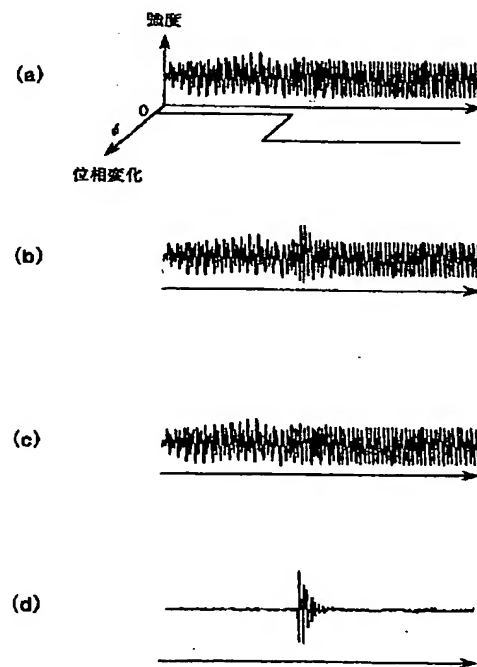
【図3】



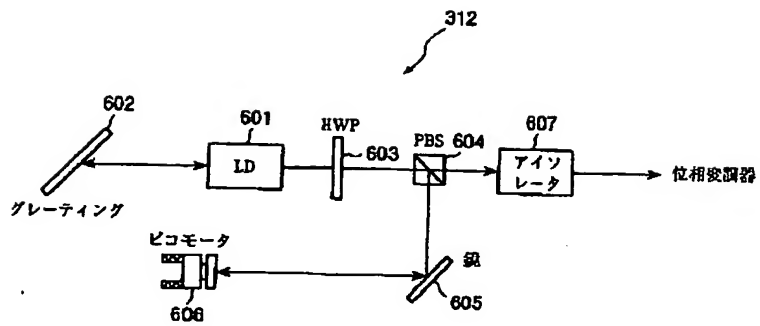
【図4】



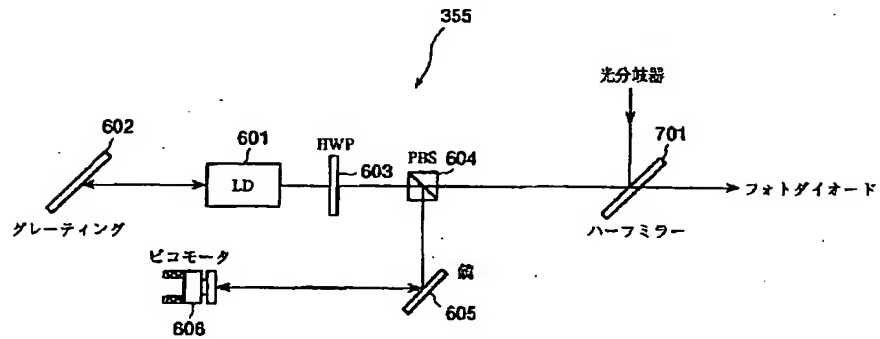
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J104 AA01 JA20 NA19
5K002 AA02 AA04 BA04 BA13 CA14
FA01